

DIALOG(R)File 347:JAPIO  
(c) 2001 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

03467805 \*\*Image available\*\*

OPTICAL FIBER CONNECTING ELEMENT, AND METHOD AND DEVICE FOR CONNECTING  
OPTICAL FIBER

PUB. NO.: 03-130705 [JP 3130705 A]

PUBLISHED: June 04, 1991 (19910604)

INVENTOR(s): HANABUSA HIROAKI

TAKEUCHI YOSHIAKI

NODA JUICHI

APPLICANT(s): NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> [000422] (A Japanese  
Company or Corporation), JP (Japan)

APPL. NO.: 01-268025 [JP 89268025]

FILED: October 17, 1989 (19891017)

INTL CLASS: [5] G02B-006/255

JAPIO CLASS: 29.2 (PRECISION INSTRUMENTS -- Optical Equipment)

JAPIO KEYWORD:R012 (OPTICAL FIBERS)

JOURNAL: Section: P, Section No. 1245, Vol. 15, No. 344, Pg. 157,  
August 30, 1991 (19910830)

#### ABSTRACT

PURPOSE: To connect optical fibers whose parameters are different at low loss and to realize a high performance optical communication system by welding both optical fiber by electric discharge, and thereafter, heating the welded connection part at a specific temperature.

CONSTITUTION: Optical fibers 12A, 12A consisting of a core 10 and clad 11 are opposed to each other, and welded and connected executing are discharge. Subsequently, a welded connection part 13 is heated by microtorches 14, 14. A heating condition is set to a temperature range in which although the optical fiber 12A is not welded, a doping agent doped in the core 10 diffuses. As a result, the doping agent such as GeO(sub 2), etc., doped in the core 10 diffuses into the clad 11 from the outside peripheral surface of the core 10, and a connection loss is decreased. Therefore, the connection loss of each optical fiber whose parameters are different can be reduced remarkably, and by integrating the optical fiber of a special parameter into an optical communication system, high performance can be realized.

## ⑫ 公開特許公報(A) 平3-130705

⑪ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)6月4日

G 02 B 6/255

7811-2H G 02 B 6/24 3 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全8頁)

⑭ 発明の名称 光ファイバ接続素子及び光ファイバ接続方法並びに光ファイバ接続装置

⑮ 特 願 平1-268025

⑯ 出 願 平1(1989)10月17日

⑰ 発 明 者 花 房 廣 明 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内  
 ⑱ 発 明 者 竹 内 善 明 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内  
 ⑲ 発 明 者 野 田 寿 一 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内  
 ⑳ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号  
 ㉑ 代 理 人 弁理士 光石 英俊 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

光ファイバ接続素子及び光ファイバ接続方法  
 並びに光ファイバ接続装置

## 2. 特許請求の範囲

- 1) コア中に該コアの屈折率を上げるためにドーピングされたドーピング剤添加石英系光ファイバ、あるいはクラッド中に該クラッドの屈折率を下げるためにドーピングされたドーピング剤添加石英系光ファイバが融着接続された光ファイバ接続素子であって、  
 上記ドーピング剤が融着接続部において拡散されてなることを特徴とする光ファイバ接続素子。
- 2) コア中に該コアの屈折率を上げるためにドーピングされたドーピング剤添加石英系光ファイバ、あるいはクラッド中に該クラッドの屈折率を下げるためにドーピングされたドーピング剤添加石英系光ファイバのコア径が異

なる光ファイバ同士が融着接続された光ファイバ接続素子であって、

少なくともコア径の細いコア中のドーピング剤が融着接続部において拡散されてなることを特徴とする光ファイバ接続素子。

- 3) コアあるいはクラッドにドーピング剤が添加された2本の光ファイバの融着接続部を、  
 コアの屈折率を上げるために添加されているドーピング剤、あるいはクラッドの屈折率を下げるために添加されているドーピング剤は拡散するが、光ファイバは溶融しない温度範囲で加熱することを特徴とする光ファイバ接続方法。
- 4) 接続する2本のコア径が異なる光ファイバのうち、コア径が小さく比屈折率差が大きい一方の光ファイバを、コアの屈折率を上げるために添加されているドーピング剤、あるいはクラッドの屈折率を下げるために添加されているドーピング剤は拡散するが、光ファイバは溶融しない温度範囲で加熱して該加熱部

分近傍のコア径を大とした後、該コア径を大とした加熱部分を切断し、その後コア径の大なる他方の光ファイバと融着接続することを特徴とする光ファイバ接続方法。

- 5) コアの屈折率を上げるために添加されているドーピング剤、あるいはクラッドの屈折率を下げるために添加されているドーピング剤を含有する光ファイバの端部同士を融着接続する光ファイバ接続装置であって、

融着接続された後の該融着接続部を上記ドーピング剤は拡散するが光ファイバは溶融しない温度で加熱する加熱手段を設けてなることを特徴とする光ファイバ接続装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### <産業上の利用分野>

本発明は石英系シングルモード光ファイバを低損失で接続する光ファイバ接続素子及び光ファイバ接続方法並びに光ファイバ接続装置に関する。

第1表 従来の融着接続法を用いたときの接続損失

入射光ファイバ	出射光ファイバ	接 続 損 失
#1	#1	0.14 dB
#1	#2	0.21
#2	#1	0.27
#1	#3	1.30
#3	#1	1.19

第2表 試験に用いた光ファイバのパラメタ

光ファイバ	外 径	コア径(a)	比屈折率差(Δ)
#1	125 μm	9.7 μm	0.4%
#2	125	8.6	0.9
#3	125	4.3	1.8

第1表の結果より光ファイバのパラメタが異なる光ファイバ間の接続損失は、パラメタがほぼ等しい場合に比べて約2倍～10倍大となることが判明した。

本発明は以上述べた事情に鑑み、光ファイ

バの接続技術及び発明が解決しようとする課題>

光ファイバを接続する方法の1つとして融着接続がある。従来の光ファイバ融着接続法の一例を図7図に示す。光ファイバの被覆の除去をした後、ファイバ端面を切断し、融着接続装置へ設置し、予備放電を行う。パワモニタ法を用いてファイバの位置合せをし、アーク放電を行って、融着接続した後、該接続部を補強する。このアーク放電を利用した従来の融着接続法によれば、シングルモード光ファイバの接続損失は0.1 dB前後の小さな値が得られている。上記の値はファイバパラメタがほぼ等しいシングルモード光ファイバ同士の接続の場合であるが、最近光ファイバのパラメタが異なる光ファイバ同士を接続したいという要望が増えている。

第1表に光ファイバのパラメタが異なる光ファイバ同士を従来の融着接続法で接続したときの接続損失を示す。また、試験に用いた光ファイバのパラメタを第2表に示す。

バのパラメタが異なる光ファイバ同士を低損失で接続し得る光ファイバ接続素子及び光ファイバ接続方法並びに光ファイバ接続装置を提供することを目的とする。

#### <課題を解決するための手段>

前記目的を達成するための本発明にかかる第1の光ファイバ接続素子の構成は、コア中に該コアの屈折率を上げるためにドーピングされたドーピング剤添加石英系光ファイバ、あるいはクラッド中に該クラッドの屈折率を下げるためにドーピングされたドーピング剤添加石英系光ファイバが融着接続された光ファイバ接続素子であって、上記ドーピング剤が融着接続部において拡散されてなることを特徴とし、また、第2の光ファイバ接続素子の構成は、コア中に該コアの屈折率を上げるためにドーピングされたドーピング剤添加石英系光ファイバ、あるいはクラッド中に該クラッドの屈折率を下げるためにドーピングされたドーピング剤添加石英系光ファイバのコ

コア径が異なる光ファイバ同士が融着接続された光ファイバ接続素子であって、少なくともコア径の細いコア中のドーピング剤が融着接続部において拡散されてなることを特徴とする。

本発明にかかる第1の光ファイバ接続方法の構成は、コアあるいはクラッドにドーピング剤が添加された2本の光ファイバの融着接続部を、コアの屈折率を上げるために添加されているドーピング剤、あるいはクラッドの屈折率を下げるために添加されているドーピング剤は拡散するが、光ファイバは溶融しない温度範囲で加熱することを特徴とし、また本発明にかかる第2の光ファイバ接続方法の構成は、接続する2本のコア径が異なる光ファイバのうち、コア径が小さく比屈折率差が大きい一方の光ファイバを、コアの屈折率を上げるために添加されているドーピング剤、あるいはクラッドの屈折率を下げるために添加されているドーピング剤は拡散するが、光

ファイバは溶融しない温度範囲で加熱して該加熱部分近傍のコア径を大とした後、該コア径を大とした加熱部分を切断し、その後コア径の大なる他方の光ファイバと融着接続することを特徴とする。

本発明の光ファイバ接続装置の構成は、コアの屈折率を上げるために添加されているドーピング剤、あるいはクラッドの屈折率を下げるために添加されているドーピング剤を含有する光ファイバの端部同士を融着接続する光ファイバ接続装置であって、融着接続された後の該融着接続部を上記ドーピング剤は拡散するが光ファイバは溶融しない温度で加熱する加熱手段を設けてなることを特徴とする。

#### <作 用>

光ファイバ同士を接続する場合、放電によって融着接続した後、加熱手段を用いて該融着接続部を加熱する。このときの加熱は、光ファイバ中のドーピング剤は拡散するが光ファイバは溶融しない温度とする。

この結果、例えばコアに酸化ゲルマニウム( $\text{GeO}_2$ )をドープした光ファイバではコア径が $\text{GeO}_2$ の拡散によって抜けられ、接続損失が減少する。

また、コア径の異なる $\text{GeO}_2$ ドープ光ファイバでは、コア径が小さく比屈折率の高い方の光ファイバのコア径が $\text{GeO}_2$ の拡散によって抜けられ、コア径が大きい光ファイバとコア径が連続的に変化し、接続時の損失が填補される。

一方例えばクラッドにFをドープした光ファイバではコア中にFが拡散されコアの屈折率が下がると共にクラッドの屈折率は逆に上昇し、接続損失が減少する。

#### <実 施 例>

以下、本発明の好適な実施例を詳細に説明するが、以下に開示する実施例は本発明の単なる例示に過ぎず、本発明の範囲を何等制限するものではない。

#### 実 施 例 1

第1図は本発明の第1の実施例を説明する概説図である。同図に示すように、光ファイバのパラメータが等しい(コア径及び比屈折率差が等しい光ファイバ同士をいう。)コア10とクラッド11とからなる光ファイバ(コア径 $a_1$ :  $9.7\ \mu\text{m}$ , 比屈折率差 $\Delta_1$ : 0.4%) 12A, 12Aを対向させ(第1図(a)参照)、従来と同様にアーク放電をして融着接続する(第1図(b)参照)。

次に上記アーク放電による融着接続部13を、加熱手段として対向するマイクロトーチ14, 14を用いて加熱する(第1図(c)参照)。この際の加熱条件は、上記融着接続部13において、光ファイバ12A自身は溶融しない温度で、かつコア10に屈折率を上げるためにドープされている例えば $\text{GeO}_2$ 等のドーピング剤が拡散する温度及び加熱時間とする。

これにより、融着接続部13においてコア10中にドープされていた $\text{GeO}_2$ 等のドーピン

グ剤はコア10の径方向すなわちコア外周面近傍のクラッド11中に拡散し、結果としてコア径が拡げられることとなり、接続時の偏心等による接続損失が減少する(第1図(d)参照)。

このとき、加熱温度が高いほど拡散しやすいので、融着接続部13の接触部の近傍では、特に $\text{GeO}_2$ 等のドーピング剤の拡散が高くなるのでひいてはコア径が大となり、結果として第1図(d)の融着接続部13に示すように、光ファイバ中のコア径が対向してテーパ状に変化する構造となる。

よって、従来のような接続である第1図(b)に示すようなコア10同士が単にアーク放電したときのみの融着接続される場合に比べて、伝送損失が少なくなる。

以上述べたように、マイクロトーチ加熱を用いて所定条件で加熱することにより、接続損失が大幅に減少する。

また本実施例による光ファイバのパラメタ

光ファイバ12中のコア10及びクラッド11のいずれかに屈折率を変化させるためにドーピングされている例えば $\text{GeO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{As}_2\text{O}_3$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 等のドーピング剤が拡散し得るよう加熱するもので、例えばプロパンガスと酸素ガスとの混合ガスを用いたマイクロトーチやリングヒータ等を加熱源として挙げることができる。上記加熱手段25として、本実施例ではマイクロトーチを用いた。このマイクロトーチは第5図に示すように、Z軸方向だけではなく、X軸方向、Y軸方向にも移動可能としており、マイクロトーチを融着接続部24の真上に移動させるために微調整を可能としている。また、加熱時にマイクロトーチをX軸方向に周期的に振ったり、マイクロトーチを使用しないときには、離れたところに退避できるようにしている。尚マイクロトーチを用いる場合には、プロパンガスの代りに水素ガスを用いてもよい。

が等しい光ファイバ接続素子の接続損失は0.07 dBと第1表に示す従来(0.14 dB)に比べて大幅に向上している。

次に、上記実施例で用いた光ファイバ接続装置の一例を第4図を参照して説明する。同図に示すように、光ファイバ接続装置は端部が切断された入射側光ファイバ12と出射側光ファイバ10とを各々固定する光ファイバ押え20、20'と、光ファイバ心線21、21'を押える心線押え22、22'と、光ファイバ12、12'の端面を融着接続するためのアーク放電用の一対の放電電極23、23'と、アーク融着した後に該融着接続部24を光ファイバは溶解しないが光ファイバ中のコア及びクラッドのいずれかにドーピングされているドーピング剤は拡散するよう加熱する加熱手段25とを具備している。

上記加熱手段25としては、上述したようにアーク放電により融着接続した融着接続部24を、光ファイバ12自体は溶解しないが

## 実施例 2

第2図は本発明の第2の実施例を説明する概説図である。同図に示すように、光ファイバのパラメタが異なる(コア径及び比屈折率差が異なる光ファイバ同士をいう。)コア10とクラッド11とからなる光ファイバ(コア径 $a_1$ : 9.7  $\mu\text{m}$ ,  $\Delta_1$ : 0.4%) 12A及び光ファイバ(コア径 $a_2$ : 8.6  $\mu\text{m}$ ,  $\Delta_2$ : 0.9%) 12Bを対向させ(第2図(a)参照)た後、第1の実施例と同様にアーク放電をして融着接続し(第2図(b)参照)、次にマイクロトーチ14、14を用いて融着接続部を加熱する(第2図(c)参照)。

このマイクロトーチの加熱条件は第1の実施例と同様に光ファイバ12A、12B自身は溶解しない温度で、かつコア10にドーピングされている $\text{GeO}_2$ 等のドーピング剤が拡散する温度及び加熱時間とする。

この結果、特にコア径の小さい光ファイバ12Bのコア10B中にドーピングされていた

$G \cdot O_2$ 等のドーピング剤はコアの径方向すなわちコア外周面近傍のクラッド11中に拡散し、結果としてコア径が拡げられる。そして第2図(c)に示すように、光ファイバのコア径が対向してテーパ状に拡散し、コア径の大なる光ファイバ12Aのコア10Aとコア10Bのコア径がほぼ同径となる。

よって、従来のような接続である第2図(b)に示すようなコア10Aとコア10Bとのようにコア径が不連続に変化した構造に比べて、モード変換が少ない。これがマイクロトーチ加熱を用いた所定条件での加熱により接続損失が大幅に減少する要因である。これはコア径が小さい比屈折率差 $\Delta$ の大なる光ファイバでは、コアに添加する $G \cdot O_2$ 等のドーピング剤を多く添加するため、コア径が小さくなればなる程 $G \cdot O_2$ 等のドーピング剤の濃度は高く、マイクロトーチでの加熱によりクラッド中への拡散がより大となるからである。

また、本実施例による光ファイバのパラメ

第3表の結果より、光ファイバのパラメタが異なる光ファイバ同士の場合でも、光ファイバのパラメタがほぼ等しいときと変わらない低い接続損失が得られる。さらに、光ファイバのパラメタがほぼ等しい光ファイバ同士(#1/#1)の場合にも、接続損失が減少する。

この理由を明らかにするため、マイクロトーチで加熱した光ファイバの屈折率分布を干渉顕微鏡で観察し、コアが拡がっていることを確認した。すなわち、マイクロトーチ加熱によりコア中のドーピング剤の $G \cdot O_2$ が拡散していることを確認した。

#### 実施例3

第3図は本発明の第3の実施例を説明する概説図である。同図に示すように本実施例では、光ファイバのパラメタの異なる2本の光ファイバ10A、10Bのうちの、コア径が小さく、比屈折率差が大きい光ファイバをマイクロトーチ14、14で加熱し(第3図(a)

タの異なる光ファイバ接続素子の接続損失は0.10 dBと第1表に示す従来(0.21 dB)に比べて大幅に向上している。

同様にして下記第3表に示す光ファイバのパラメタについてもマイクロトーチ14を用いての加熱を実施した。

これらの光ファイバ接続素子の接続損失の結果及び第1、第2の実施例の結果をまとめて第3表に示す。

尚、従来例は先に挙げた第1表の結果である。

第3表 本実施例と従来例との接続損失の比較

入射側光ファイバ	出射側光ファイバ	本実施例の損失	従来例の損失
#1	#1	0.07 dB	0.14 dB
#1	#2	0.10	0.21
#2	#1	0.18	0.27
#1	#3	0.23	1.30
#3	#1	0.00	1.19

#### \*光ファイバのパラメタ

#1  $a_1$ : 9.7  $\mu\text{m}$ ,  $\Delta$ : 0.4%

#2  $a_2$ : 8.6  $\mu\text{m}$ ,  $\Delta$ : 0.9%

#3  $a_3$ : 4.3  $\mu\text{m}$ ,  $\Delta$ : 1.8%

参照)、コア10中のドーピング剤の $G \cdot O_2$ をクラッド11側に拡散させて、コア径を拡げる(第3図(b)参照)。その後コア径の拡がった箇所を所定方法で切断し、一方の光ファイバ10Aと従来のアーク溶接にて融着接続する(第3図(c)、(d)参照)。得られた光ファイバ接続素子を用いて接続損失を測ったところ、第2の実施例とほぼ等しい低い接続損失を得ることができた。

#### 実施例4

以上述べた実施例においてはコアに屈折率を上げるためのドーピング剤として $G \cdot O_2$ を用いて具体的に説明したが、クラッドの屈折率を下げるために添加される例えばFをドーピングした光ファイバの場合にも、以下に述べるように、本発明によって低損失に接続することができる。

第6図はフッ素をドーピングした光ファイバをマイクロトーチで加熱したときの加熱前後の屈折率分布の変化を示している。同図に

示すように、加熱によってFがコア10に拡散し、コアの屈折率が下がると共にクラッド11の屈折率は上昇し、結果としてコア径が広がる効果を得られるのがわかる。

この効果はFの含有濃度が高い光ファイバ、すなわちコア径が小さく、比屈折率差が大きい光ファイバほど著しいため、上述した $G=O_2$ 添加光ファイバの場合と同様に、光ファイバのパラメタが異なる光ファイバ同士の接続損失を低減することができる。

#### <発明の効果>

以上、実施例とともに詳しく説明したように、本発明によれば光ファイバのパラメタの等しいシングルモード光ファイバはもちろん光ファイバのパラメタの異なる光ファイバ同士の接続損失が大幅に低減するという効果を奏する。

よって、特殊なファイバパラメタの光ファイバを用いることが有利なシステム、例えば、コア径の小さい光ファイバを用いた高増幅効

率光ファイバアンプ、比屈折率の高い光ファイバを用いた高結合効率半導体レーザモジュール、コア径の大きい光ファイバを用いた結合容易半導体レーザモジュール、コア径の大きい光ファイバを用いた結合容易半導体レーザモジュール等を、通常のシングルモード光ファイバを用いた光通信システムに組込むことができ、光通信システムの高性能化、経済化に大きな利点がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

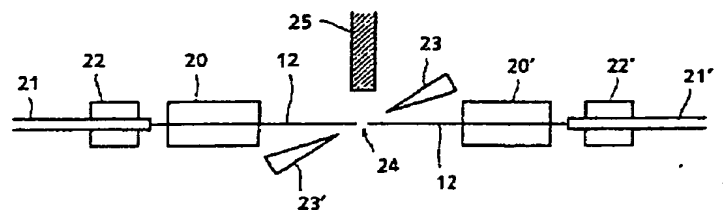
第1図は本発明の第1の実施例の概説図、第2図は本発明の第2の実施例の概説図、第3図は本発明の第3の実施例の概説図、第4図は本発明を実施する光ファイバ接続装置の概説図、第5図は第4図における加熱手段の移動方向を示す図、第6図は本発明の第4の実施例の光ファイバの屈折率分布図、第7図は従来の光ファイバ融着接続法の工程図である。

図 面 中、

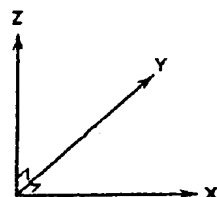
10はコア、

- 11はクラッド、
- 12, 12A, 12Bは光ファイバ、
- 13, 24は融着接続部、
- 20, 20'は光ファイバ押え、
- 21, 21'は光ファイバ心線、
- 22, 22'は心線押え、
- 23, 23'は放電電極、
- 25は加熱手段である。

第 4 図

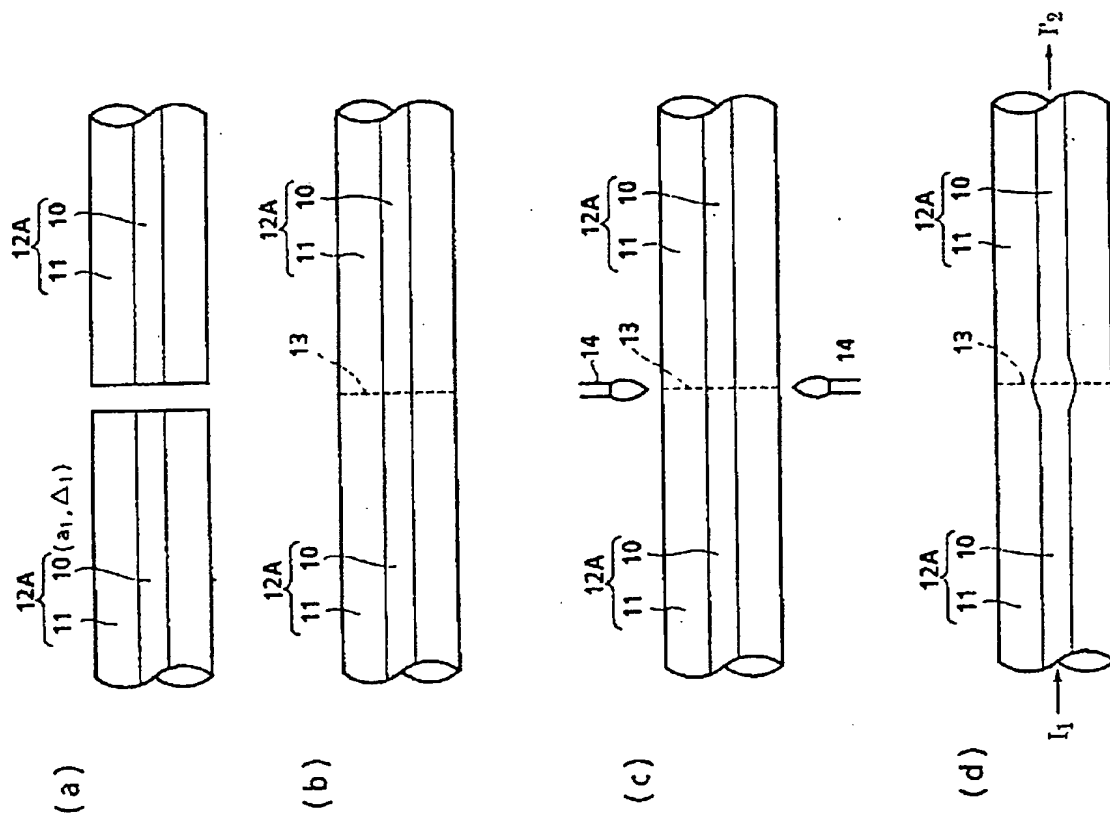


第 5 図

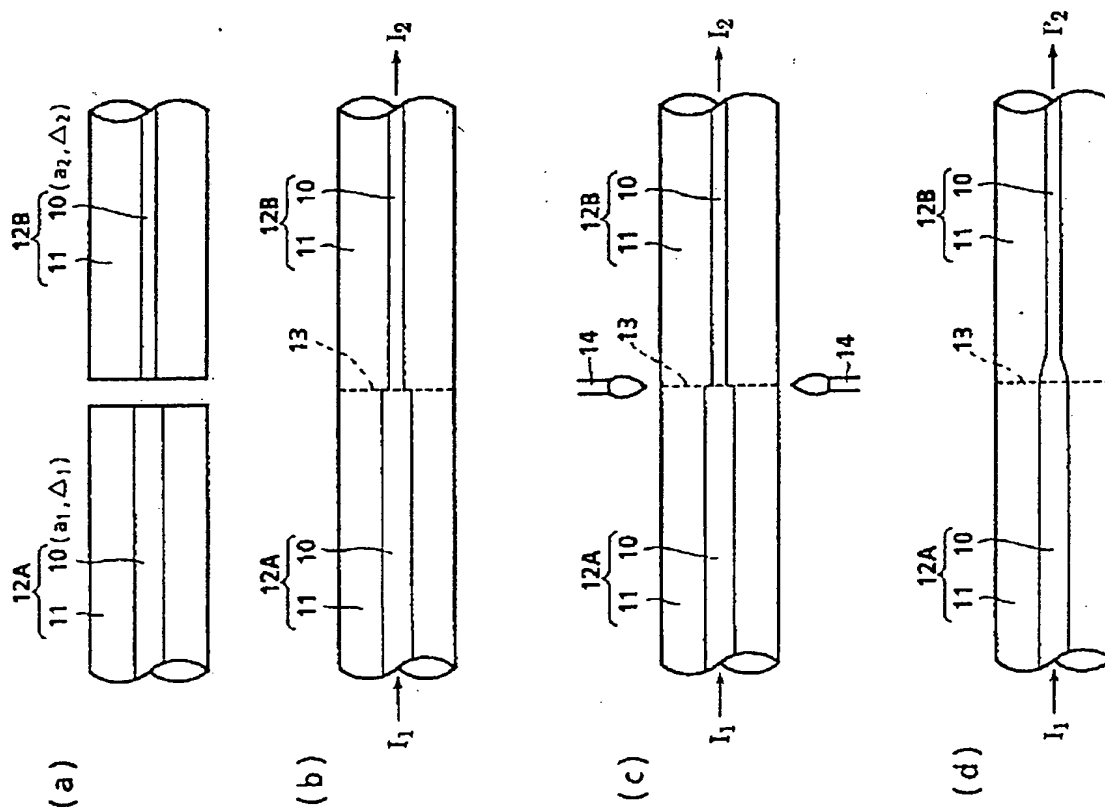


特 許 出 願 人  
日本電信電話株式会社  
代 理 人  
弁理士 光 石 英 俊  
(他1名)

第 1 図

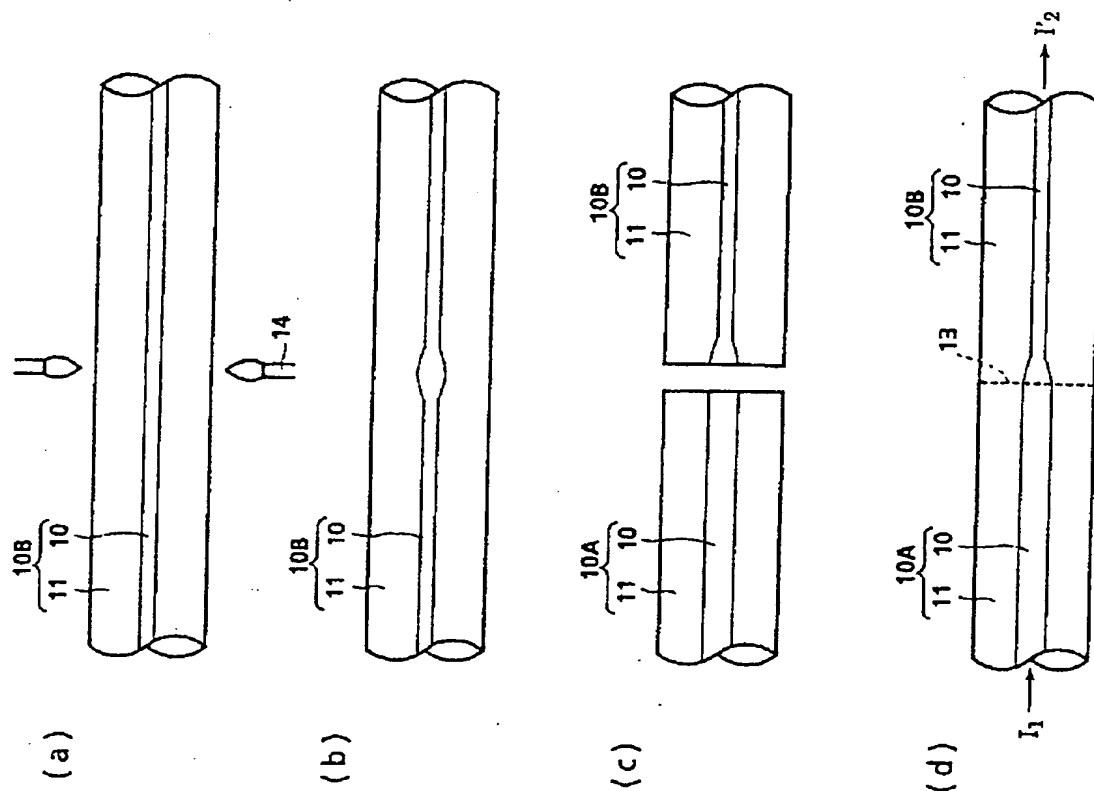


第 2 図



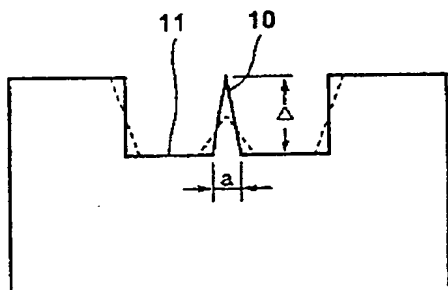


第 3 図



第 6 図

マイクロトーチ加熱による  
フッ素添加光ファイバの屈折率分布の変化



実線：加熱前のコアの屈折率分布  
破線：加熱後のコアの屈折率分布

第 7 図

従来の光ファイバ融着接続法の工程図

